

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-094472

(43)Date of publication of application : 12. 04. 1996

(51)Int. Cl.

G01L 9/12  
A61B 5/022  
G01F 3/22  
G01L 1/14  
H01L 29/84

(21)Application number : 06-257463

(71)Applicant : OMRON CORP

(22)Date of filing : 26. 09. 1994

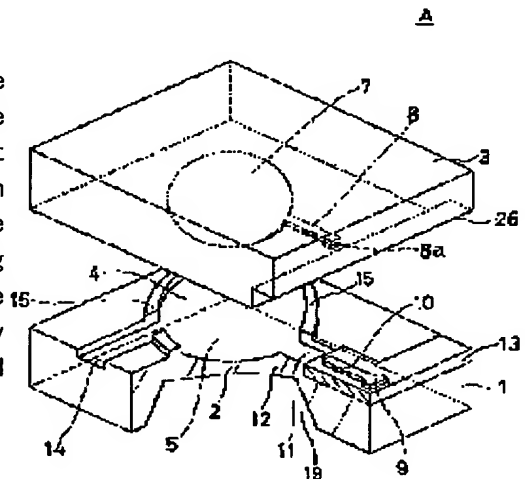
(72)Inventor : OMI TOSHIHIKO

(54) PRESSURE SENSOR, MANUFACTURE THEREOF AND GAS METER AND HEMOMANOMETER EMPLOYING IT

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a pressure sensor excellent in sensor characteristics by enhancing the machining accuracy of a diaphragm.

CONSTITUTION: A silicon wafer is subjected, on one side thereof, to dry etching to form a circular gap 4 and a protrusion 15 on the peripheral edge thereof. The silicon wafer is subjected, on the other side thereof, to anisotropic etching to form a thin film part 12 wider than the gap 4 thus producing a silicon frame 1 in which a circular diaphragm 2 is formed. A glass cover 3 is applied to the upper surface of the frame 1 and anode bonded thereto thus producing a pressure sensor A. Since the position, size and shape of the diaphragm 2 are determined by the circular gap 4 formed through dry etching, a highly accurate diaphragm 2 can be produced with regard to the position and size.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24. 11. 2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 03. 09. 2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-94472

(43) 公開日 平成8年(1996)4月12日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 L	9/12			
A 6 1 B	5/022			
G 0 1 F	3/22	B		
G 0 1 L	1/14	A		
		7638-2 J	A 6 1 B 5/ 02	3 3 3 A
		審査請求	未請求	請求項の数16 F D (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-257463

(22) 出願日 平成6年(1994)9月26日

(71) 出願人 000002945

オムロン株式会社

京都府京都市右京区花園土堂町10番地

(72) 発明者 近江 俊彦

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ

ムロン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 中野 雅房

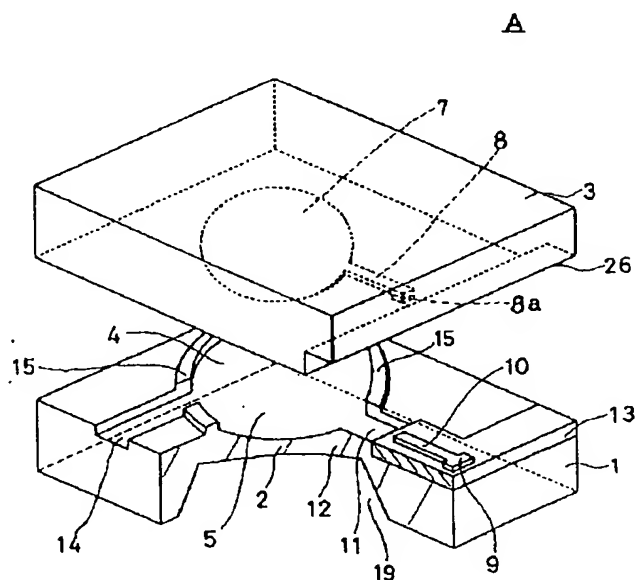
(54) 【発明の名称】 圧力センサ及び圧力センサの製造方法並びに当該圧力センサを備えたガスメータ及び血圧計

(57) 【要約】

【目的】 ダイアフラムの加工精度を向上し、センサ特性に優れた圧力センサを提供する。

【構成】 シリコンウエハ21の片面よりドライエッチングを施して円形状のギャップ4及びギャップ4の周縁部に凸部15を形成する。残る片面より異方性エッチングを施してギャップ4より広い領域に薄膜部12を形成し、円形状のダイアフラム2を形成したシリコン製のフレーム1を作製する。フレーム1の上面にはガラス製のカバー3を重ねて陽極接合し、圧力センサAを作製する。

【効果】 ダイアフラムはドライエッチングによる円形状のギャップによって位置決めや大きさ、形状が決められるため、精度よくダイアフラムを所定位置や大きさに作製することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板に深い凹部を設けて当該凹部の底面に可動電極となる薄膜部を形成し、固定電極を有する固定基板と前記半導体基板を接合させて、前記薄膜部の前記凹部の反対側面と固定電極とをギャップを隔てて対向させた圧力センサにおいて、平面視で前記ギャップが前記薄膜部の中に納まるようにしたことを特徴とする圧力センサ。

【請求項2】 前記ギャップが半導体基板に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の圧力センサ。

【請求項3】 前記ギャップが固定基板に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の圧力センサ。

【請求項4】 前記ギャップが円形をしていることを特徴とする請求項1、2又は3に記載の圧力センサ。

【請求項5】 半導体基板のギャップ側の表面において、ギャップと対向する領域を低不純物濃度とし、それ以外の領域を高不純物濃度としたことを特徴とする請求項1、2、3又は4に記載の圧力センサ。

【請求項6】 前記ギャップの周囲にほぼ環状の凸部を形成したことを特徴とする請求項1、2、3、4又は5に記載の圧力センサ。

【請求項7】 前記ギャップと前記固定電極とがいずれも略円形をしており、前記ギャップの面積に対する前記固定電極の面積の比が、0.4～0.7であることを特徴とする請求項1、2、3、5又は6に記載の圧力センサ。

【請求項8】 前記固定電極から前記固定基板の外周部へ引き出した配線部と、前記半導体基板の外周部に設けたパッド部から引き出した配線部とを圧着することによって、前記固定電極を前記パッド部へ電気的に引き出した圧力センサにおいて、前記固定電極側の配線部の、前記パッド部側の配線部との圧着部分の膜厚が、他の配線部の膜厚よりも大きくなっていることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6又は7に記載の圧力センサ。

【請求項9】 前記固定電極から前記固定基板の外周部へ引き出した配線部と、前記半導体基板の外周部に設けたパッド部から引き出した配線部とを圧着することによって、前記固定電極を前記パッド部へ電気的に引き出した圧力センサにおいて、前記圧着部は、前記半導体基板の薄膜部の外側に位置していることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7又は8に記載の圧力センサ。

【請求項10】 前記固定電極から前記固定基板の外周部へ引き出した配線部と、前記半導体基板の外周部に設けたパッド部から引き出した配線部とを圧着することによって、前記固定電極を前記パッド部へ電気的に引き出した圧力センサにおいて、

前記ギャップを形成された半導体基板若しくは固定基板に前記配線部を挿通させるための溝を設け、ギャップ内

においては当該溝をギャップと同じ深さに形成していることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8又は9に記載の圧力センサ。

【請求項11】 前記固定電極から前記固定基板の外周部へ引き出した配線部と、前記半導体基板の外周部に設けたパッド部から引き出した配線部とを圧着することによって、前記固定電極を前記パッド部へ電気的に引き出した圧力センサにおいて、

前記ギャップを形成された半導体基板のギャップよりも外側に当該ギャップよりも深い凹部を形成し、この凹部に形成した絶縁膜の上に前記パッド部及びその配線部を設けたことを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9又は10に記載の圧力センサ。

【請求項12】 前記固定基板の、前記半導体基板を接合された面と反対側の面に別な半導体基板を接合し、固定基板両面の各半導体基板との接合領域がほぼ等しくなるようにしたことを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10又は11に記載の圧力センサ。

【請求項13】 半導体基板の一方の面を深く異方性エッチングすることによって薄膜部を形成し、半導体基板の他方の面を浅くドライエッチングすることによって前記薄膜部よりも小さな面積のギャップを形成した後、半導体基板のギャップ側の面に固定電極を有する固定基板を陽極接合することを特徴とする圧力センサの製造方法。

【請求項14】 半導体基板の表面を深く異方性エッチングすることによって薄膜部を形成し、固定基板の表面を浅くエッチングすることによって前記薄膜部よりも小さな面積のギャップを形成し、このギャップ内に固定電極を形成した後、半導体基板の薄膜部と固定基板のギャップとを対向させるようにして半導体基板と固定基板を陽極接合することを特徴とする圧力センサの製造方法。

【請求項15】 請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11又は12に記載の圧力センサを備えたことを特徴とするガスメータ。

【請求項16】 請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11又は12に記載の圧力センサを備えたことを特徴とする血圧計。

## 40 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は圧力センサ及び圧力センサの製造方法並びに当該圧力センサを備えたガスメータ及び血圧計に関する。具体的に言うと、空気や液体などの流体の圧力を測定する圧力センサ及び圧力センサの製造方法並びに当該圧力センサを備えたガスメータ及び血圧計に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、静電容量型の半導体圧力センサとして例えば、特開平3-239938号公報に開示され

たものがある。図19(a)(b)にその圧力センサHの平面図及び断面図を示す。角棒状をしたフレーム51のほぼ中央に薄膜状のダイアフラム52が配設されており、ダイアフラム52はシリコンウエハに片側から浅くドライエッチングを施して面積の大きなギャップ53を形成した後、ギャップ53を形成した面と反対側からエッチング液を用いて異方性エッチングを施すことにより深い角錐台状の凹部を形成し、フレーム51とともに一体として作製されている。ダイアフラム52上面には可動電極54が形成されており、可動電極54周囲のギャップ53領域内には補正容量用電極57が形成されている。

【0003】フレーム51の上面にはガラス製のカバー55が重ねられ、その周辺部は陽極接合法等によってフレーム51に接合されている。カバー55の内面には可動電極54と対向して固定電極56が形成されており、可動電極54と固定電極56との間には検出用コンデンサが構成され、検出用コンデンサはフレーム51上面の一对の電極パッド59、59から外部に引き出されている。さらに、固定電極56の周囲にも、可動電極54周囲の補正容量用電極57と対向して別な補正容量用電極58が形成され、補正容量用電極57、58間に構成された補正用コンデンサはフレーム51上面の一对の別な電極パッド60、60から外部に引き出されている。

【0004】しかして、ダイアフラム52下面に空気や液体などの流体の圧力が印加されると、印加された圧力の大きさに比例してダイアフラム52がその厚さ方向に変位し、可動電極54と固定電極56との間のギャップ量が変化する。ギャップ量が変化すると検出用コンデンサの静電容量の値が変化し、この静電容量の値を電極パッド59、59に接続された検知回路(図示せず)により検知することによって印加された圧力の大きさを知ることができる。また、同時に補正用コンデンサの静電容量を電極パッド60、60に接続された補正回路(図示せず)によって測定し、補正用コンデンサの静電容量の変化に応じて検出された検出用コンデンサの静電容量の値を補正することにより、周囲の温度変化等による測定誤差を少なくすることができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながらこの圧力センサにあっては、ダイアフラムは、ギャップが形成されたシリコンウエハを当該ギャップが形成された面と反対側から深く異方性エッチング(ウェットエッチング)することによって作製され、シリコンウエハ下面の角錐台状をした凹部の上面が、ギャップ面積よりも小さくて、平面視でギャップ領域内に納まっているので、シリコンウエハの厚さや面方位のずれ、異方性エッチング時の選択比、マスクアライメントの角度ずれ等による影響が大きく、ダイアフラムの大きさに精度が出なかった。

【0006】また、ダイアフラムの形状は、深い異方性

エッチングにより形成された角錐台状の凹部によって決まるので、ダイアフラムの形状が矩形状となってしまう、印加された圧力による変位が中心対称にならず、直線性などのセンサ特性が悪かった。

【0007】さらにガラスとシリコンとが接合された圧力センサの場合には、ガラスとシリコンの熱膨張係数に差があるため温度変化により歪みを生じ、圧力センサの温度特性が悪かった。しかも、陽極接合の際には接合時の歪みがギャップ部分に集中し、ダイアフラムに圧縮応力が働いてダイアフラムが歪んでしまうという問題点もあった。

【0008】本発明は叙上の従来例の欠点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、上記の問題点を解決することにより、センサ特性に優れた圧力センサを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の圧力センサは、半導体基板に深い凹部を設けて当該凹部の底面に可動電極となる薄膜部を形成し、固定電極を有する固定基板と前記半導体基板を接合させて、前記薄膜部の前記凹部の反対側面と固定電極とをギャップを隔てて対向させた圧力センサにおいて、平面視で前記ギャップが前記薄膜部の中に納まるようにしたことを特徴としている。

【0010】このギャップは半導体基板に設けてもよく、固定基板に設けてもよい。このとき、ギャップを円形に形成するのが好ましい。

【0011】また、半導体基板のギャップ側の表面において、ギャップと対向する領域を低不純物濃度とし、それ以外の領域を高不純物濃度とするのが好ましく、前記ギャップの周囲にほぼ環状の凸部を形成することとしてもよい。

【0012】また、前記ギャップ及び前記固定電極を略円形とし、前記ギャップの面積に対する前記固定電極の面積の比を、0.4~0.7とするのが好ましい。

【0013】また、前記固定電極から前記固定基板の外周部へ引き出した配線部と、前記半導体基板の外周部に設けたパッド部から引き出した配線部とを圧着することによって、前記固定電極を前記パッド部へ電気的に引き出した上記圧力センサにおいて、前記固定電極側の配線部の、前記パッド部側の配線部との圧着部分の膜厚を、他の配線部の膜厚よりも大きくするのがよい。

【0014】また、前記圧着部を半導体基板の薄膜部の外側に位置させるのが好ましく、前記ギャップを形成された半導体基板若しくは固定基板に前記配線部を挿通させるための溝を設け、ギャップ内においては当該溝をギャップと同じ深さに形成するのがよい。

【0015】さらに、前記ギャップを形成された半導体基板のギャップよりも外側に当該ギャップよりも深い凹部を形成し、この凹部に形成した絶縁膜の上に前記パッド部及びその配線部を設けることもできる。

【0016】これらの圧力センサにあっては、前記固定基板の、前記半導体基板を接合された面と反対側の面に別な半導体基板を接合し、固定基板両面の各半導体基板との接合領域がほぼ等しくなるようにするのが望ましい。

【0017】本発明の第1の圧力センサの製造方法は、半導体基板の一方の面を深く異方性エッチングすることによって薄膜部を形成し、半導体基板の他方の面を浅くドライエッチングすることによって前記薄膜部よりも小さな面積のギャップを形成した後、半導体基板のギャップ側の面に固定電極を有する固定基板を陽極接合することを特徴としている。

【0018】また、本発明の第2の圧力センサの製造方法は、半導体基板の表面を深く異方性エッチングすることによって薄膜部を形成し、固定基板の表面を浅くエッチングすることによって前記薄膜部よりも小さな面積のギャップを形成し、このギャップ内に固定電極を形成した後、半導体基板の薄膜部と固定基板のギャップとを対向させるようにして半導体基板と固定基板を陽極接合することを特徴としている。

【0019】本発明のガスメータや血圧計は、本発明の圧力センサを備えたことを特徴としている。

【0020】

【作用】本発明の圧力センサにあっては、半導体基板若しくは固定基板に形成されたギャップの形状によって、ダイアフラムの寸法や形状が決まるので、ダイアフラムの寸法、形状を精度よく作製することができる。

【0021】このとき、ダイアフラムの形状を円形状としておけば、ダイアフラムが等方的に変形し、圧力センサの直線性が良好となる。また、マスクアライメントの角度ずれが発生しない。

【0022】また、半導体基板のギャップ側の表面において、ギャップと対向する領域を低不純物濃度とし、それ以外の領域を高不純物濃度とすることによって、ダイアフラムの残留応力を小さくし、同時に半導体基板の電気抵抗を小さくすることができる。

【0023】さらにギャップの周囲にほぼ環状の凸部を形成することにより、半導体基板と固定基板との陽極接合時には、ギャップ周囲の凸部から外側へと陽極接合が進み、歪みがギャップ部分に集中することを防ぐことができる。

【0024】また、ダイアフラムと固定電極を略円形とし、ギャップの面積に対する固定電極の面積の比を0.4～0.7にしておけば、ダイアフラムの変位に対するセンサ感度が最適となり、ダイアフラム中の比較の変形が少ない領域をセンサ電極とすることで、センサ出力の直線性を高めることができる。

【0025】また、固定電極側の配線部の、パッド部側の配線部との圧着部分の膜厚を他の配線部の膜厚よりも大きくしておけば、固定基板と半導体基板との圧着によ

って固定電極側の配線部とパッド側の配線部とを接続し、固定電極を半導体基板のパッド部に確実に引き出すことができる。

【0026】また、圧着部を半導体基板の薄膜部より外側に位置させておくと、圧着部を圧着する際の応力が薄膜部に掛かりにくく、薄膜部を保護できる。

【0027】さらに、固定基板若しくは半導体基板に設けた配線部を挿通させるための溝を、ギャップ内ではギャップと同じ深さにしておくと、ダイアフラムの変位に及ぼす溝の影響を少なくすることができる。

【0028】また、ギャップより深い凹部をギャップより外側に形成し、当該凹部内に設けた絶縁膜上に固定電極を引き出すためのパッド部や配線部を設ければ、固定電極と可動電極との間のセンサ容量に対して並列に発生する浮遊容量を小さくすることができる。

【0029】さらに、固定基板を半導体基板で挟み込み、固定基板両面の半導体基板との接合領域を等しくなるようにすれば、センサの反りや歪みを防止し、温度特性を向上させることができる。

【0030】本発明の圧力センサの製造方法によれば、平面視で薄膜部の中にギャップの形成された本発明の圧力センサを簡単に製造することができる。

【0031】本発明の圧力センサは、ガスメータや血圧計などに用いることができ、ガス圧や血圧などを精度よく測定することができる。

【0032】

【実施例】図1は本発明の一実施例である圧力センサAを示す一部破断した斜視図である。圧力センサAは、円形状のダイアフラム2が支持されたシリコン製のフレーム1の上面にガラス製のカバー3が重ねられ、その周辺部は陽極接合等によりフレーム1に接合されている。ダイアフラム2は、凹部19が形成されてできた薄膜部12のほぼ中央に円形状のギャップ4が形成されることにより、フレーム1とともに一体として作製されている。ダイアフラム2の上面は導電性を有し円形状の可動電極5となっており、フレーム1上面の電極パッド6（図4）から外部に引き出されている。カバー3内面には可動電極5と対向して円形状の固定電極7が可動電極5と同心状に形成され、カバー3内面の引き出し配線8に電氣的に接続されている。引き出し配線8は、フレーム1上面の電極パッド9と電氣的に接続された別な引き出し配線10との圧着により電氣的に接続され、固定電極7は電極パッド9から外部に引き出されている。引き出し配線8の圧着部分8aは、圧着部分8a以外の配線部分よりも厚く作製されていて、AuやAlなど降伏点の低い金属から作製されている。

【0033】フレーム1上面には配線用溝11が設けられ、薄膜部12の領域においてはギャップ4とほぼ同じ深さに形成されており、薄膜部12領域より外側の領域にあってはギャップ4よりも深く形成されている。ま

た、ギャップ4よりも深く形成された配線用溝11からフレーム1の露出された領域には絶縁膜13が形成されており、この絶縁膜13上に電極パッド6、9及び引き出し配線10が形成されている。

【0034】また、フレーム1上面のギャップ4両側（配線用溝11とほぼ直交する方向）にはギャップ4内に大気圧などの基準圧力を導入する圧力導入路14が設けられ、ギャップ4周縁部にはほぼ円環状の凸部15が設けられている。

【0035】図2、図3、図4には圧力センサAのフレーム1の製造方法を、図5にはカバー3の製造方法を示し、各工程にはそれぞれその平面図及び断面図を示してある。以下、各図にしたがって圧力センサAの製造方法について詳述する。まず、図2(a)に示すように、フレーム1となるシリコンウエハ21に後に形成するギャップ4と同じ深さの圧力導入路14を形成する。次に絶縁膜13を形成する所定の領域をギャップ4よりも深くエッチングして、平面凸状となった切り欠き部22を形成する（図2(b)）。続いてフレーム1上面の凸部15を形成する領域の外周域をドライエッチングにより所定の厚さ（凸部15の高さに相当する厚さ）分取り除き、シリコンウエハ21に円形の突起部23を形成する（図2(c)）。シリコンウエハ21の全面にリンなどのドーパントを拡散させて表面濃度を上げたのち（図2(d)）、突起部23の周縁部を残すようにしてシリコンウエハ21の突起部23領域を円形状にドライエッチングして、凸部15を形成するとともにギャップ4及び配線用溝11を形成する（図3(e)）。ここで、可動電極5の引出し抵抗を小さくするためシリコンウエハ21に高濃度に不純物を拡散させて導電性を高めたが、シリコン基板に不純物拡散させると内部に残留応力が発生する。そこで、不純物の打込み深さをギャップ4の深さより浅くし、ギャップ4形成時のエッチングによってダイアフラム2領域では不純物打込み層を除去し、元のシリコンウエハ21のままの層を露出させている。このように高濃度の不純物はダイアフラム2周囲のみに残り、ダイアフラム2は低不純物濃度となるので、残留応力が小さくて歪の少ないダイアフラム2が得られる。

【0036】次に、シリコンウエハ21下面の所定位置に窒化シリコンによるマスク24を円形状に形成したのち（図3(f)）、図3(g)に示すようにギャップ4よりも深くエッチングされた切り欠き部22に絶縁膜13を形成する。絶縁膜13に電極パッド6とのコンタクトホール25を開口し（図3(h)）、絶縁膜13上に電極パッド6や、電極パッド9と一体となった引き出し配線10を形成する（図4(i)）。最後にシリコンウエハ21の裏面からKOH水溶液などによって異方性エッチングを施し、凹部19を形成するとともにギャップ4領域よりも広い領域に薄膜部12を形成し、円形状のダイアフラム2が形成されたフレーム1を作製する（図

4(j)）。

【0037】次にカバー3の製造方法について説明する。まず、図5(a)に示すようにガラス基板25の絶縁膜13領域とほぼ対向する領域をHF水溶液によりエッチング除去して、切り欠き部26を設ける。次に固定電極7及び引き出し配線8を形成する領域に、Cr膜27を蒸着形成しさらにその上にAu膜28を蒸着形成する（図5(b)）。最後に引き出し配線8の圧着部分8aを残してAu膜28を除去し、固定電極7及び引き出し配線8を形成し、カバー3を形成する（図5(c)）。このようにして作製したフレーム1及びカバー3を重ね合わせて陽極接合により接合して、圧力センサAを製造することができる。

【0038】この圧力センサAにおいて、ギャップ4の面積は薄膜部12の面積よりも小さいのでダイアフラム2の形状や大きさは、異方性エッチングによって形成された薄膜部12にドライエッチングによって形成されたギャップ4の形状や大きさによって決められる。ドライエッチングによるギャップ4の形成は、異方性（ウェット）エッチングによる薄い凹部19の形成と比較して、任意のパターンに精度よく行なうことができるので、ダイアフラム2を精度よく形成することができ、マスクアライメントの角度ずれも発生しない。また、ダイアフラム2は円形状となっているので、印加された圧力によってダイアフラム2は等方的に変位し、圧力センサAの直線性を向上させることができる。

【0039】また、マスク形状を円形状にして異方性エッチングを行なっているため、フォトリソグラフ工程による角度ずれに起因するアンダーエッチングを防止することができ、薄膜部12を所定位置に精度よく形成することができる。

【0040】固定電極7も円形状に形成されているので、固定電極7にも角度ずれが生じず、圧力センサAのセンサ特性を良好にすることができる。特に可動電極5と同心状に配置されているので可動電極5との間にも角度ずれが発生しにくい。

【0041】また、カバー3側の引き出し配線8の圧着部分8aは他の配線部分よりも厚く形成されているので、フレーム1側の引き出し配線10と確実に圧着させることができる。しかも圧着部分8aの表面はAuなどの降伏点の低い金属から形成されているので、フレーム1とカバー3とを隙間なく接合することができる。さらに、圧着部分8aは薄膜部12の外側に位置しているので、圧着時の応力が薄膜部12に掛かりにくく、薄膜部12の破損を防ぐことができる。

【0042】フレーム1上面の配線用溝11は、薄膜部12の領域においてはギャップ4と同じ深さに形成しているので、ギャップ4内に導入された圧力が配線用溝11内にも均一に伝わり、ダイアフラム2の変位に影響を及ぼすことがない。このとき、配線用溝11をシリコン

ウエハの面方位<110>方向に垂直な方向に形成すれば、薄膜部12を通る領域を最も少なくすることができる。しかも薄膜部12から外側の領域の配線用溝11はギャップ4よりも深く形成されているので、可動電極5と固定電極8との間に構成された検出用コンデンサ(センサ容量)と並列に生じる浮遊容量を非常に小さくすることができる。また、この深く形成された配線用溝11には絶縁膜13が形成されているので、フレーム1側の引き出し配線10や電極パッド9とフレーム1の間にはMOS容量が発生するが、この絶縁膜13を厚くすることによってこのMOS容量を約1.5pFまでに低く抑えることができた。

【0043】さらにこの圧力センサAにあっては、ギャップ4の周縁には円環状の凸部15が形成されているため、フレーム1とカバー3との陽極接合時には凸部15からカバー3の外周方向に次第に接合される。この結果、陽極接合時に発生する歪みがギャップ4部分に集中せず、ダイアフラム2の歪みの少ない圧力センサAを製造することができる。

【0044】このようにして作製された圧力センサAのセンサ容量特性を図6に示す。図6に示すように検出された静電容量の逆数(1/C)と圧力との間には良好な直線性が得られた。

【0045】図7にはギャップの深さと感度(静電容量C)との関係を示すが、ギャップの深さと感度とは反比例の関係にあり、ギャップを浅くすれば感度は急激に上昇し、特に1.5μm以下の深さにするのが好ましい。

【0046】また、図8にはギャップに対する固定電極の直径比と直線性との関係を示す。ここで“1/容量”出力非直線性とは、図6に示すセンサ容量特性図において、センサ容量特性が完全な直線であるとした場合からの最大ずれ(1/Cの絶対値)を言い(図6のE)、“1/容量”出力非直線性が小さいほど直線性に優れていることを表わしている。図8から分かるように、ギャップの直径に対する固定電極の直径の比がほぼ0.7付近で“1/容量”出力非直線性は最小となり、その比を0.65から0.8にするのがセンサ容量特性の上で望ましい。つまり、面積に換算してギャップの面積に対する固定電極の面積比を0.4~0.7とするのが望ましい。

【0047】次に図9にはダイアフラムの最大変位量(ギャップ深さに対する比)と感度並びに直線性との関係を示す。ここで、直線性(%FS)とは図6に示すセンサ容量特性図において、センサ容量特性が完全な直線であるとした場合からの最大ずれ(図6のE)の逆数を表わし、ダイアフラムの最大変位時(使用圧力範囲の最大圧力時)におけるセンサ容量に対する最大ずれの割合(%)で表わしている。線イから分かるように圧力センサの感度はギャップ深さに対するダイアフラムの最大変位量の比を大きくすれば大きくなるが、ギャップ深さに

対するダイアフラムの最大変位量の比を大きくすれば、線イから分かるように直線性は急激に低下する。このため、ダイアフラムの最大変位量がほぼ0.7以下となるように、ダイアフラムの厚さを調整するのが好ましい。

【0048】また、シリコン製のフレーム1とガラス製のカバー3を接合すれば、熱膨張係数の違いにより歪みを生じ、圧力センサの温度安定性が悪い。図10にはガラス製のカバーの厚み(フレームの厚さに対する比)を変化させた場合における温度特性を示すが、カバーの厚みを厚くすればするほど温度安定性を良好にすることができ、カバーの厚みをフレームの厚みのほぼ3倍以上にするのが好ましい。なお、温度特性(%FS)とは、基準温度T0における零圧力(差圧)時と最大圧力時とでの1/静電容量の差Δ(1/C)の値をAとし、温度Tと基準温度T0のときの1/静電容量の差Δ(1/C)の値Bとの比、つまりB/Aを%で表わしたものをいい、温度特性(%FS)が小さいほど温度安定性に優れている。

【0049】図11に示すものは、本発明の別な実施例である圧力センサBの概略断面図を示す。圧力センサBにおいては、ガラス製のカバー3の上面にさらにシリコン製のプレート16が接合されている。このようにシリコン/ガラス/シリコンの3層構造とすることにより、圧力センサBの温度安定性を向上させることができる。このとき、図12に示す圧力センサCのように、プレート16の内面にフレーム1のギャップ4と対向する位置に同一面積の円形状のギャップ17を形成し、カバー3の上下面にほぼ等しい接合面積でフレーム1及びプレート16を接合すれば、圧力センサCの反りや歪みを少なくすることができる。また、図13に示す圧力センサDのように、カバー3とフレーム1との接合面積がほぼ等しくなるように、カバー3の上面に円形状の穴18がギャップ4の相当する位置に開口されたプレート16を接合してもよい。

【0050】図14(a)(b)は本発明のさらに別な実施例である圧力センサEの平面図及び断面図である。フレーム1のギャップ4外周部には略コの字状の溝31が凹設されており、溝31の底部と底部に対向するカバー3の内面には一対の補正容量用電極32、32が形成され、補正容量用電極32、32はフレーム1上面の一対の電極パッド33、33から外部に引き出されている。このように、ギャップ4の外周域に補正用コンデンサを形成して温度補正等を行えば、より正確な圧力測定が可能になる。なお、溝31はドライエッチングによってギャップ4と同時に形成することができるので、製造工程が増えたり複雑になったりすることはなく、簡単に補正用コンデンサを設けることができる。また、図15に示す圧力センサFのように、圧力センサFの側面から溝31及びギャップ4と導通する圧力導入路34を設



けることにすれば、溝31内の比誘電率とギャップ4内の比誘電率を等しくすることができ、比誘電率の違いによる測定誤差（補正に伴う誤差）を少なくすることができる。

【0051】図16に示すものは本発明のさらに別な実施例である圧力センサGの断面図であって、ギャップ4がカバー3側に形成されている。圧力センサGの細部の構造の説明については省略するが、フレーム1はシリコンウエハのいずれか一方の面から異方性エッチングを施すことによって凹部19が形成されて、ギャップ4より大きな薄膜部12を有している。薄膜部12の上面は導電性を有しており可動電極5となっている。ギャップ4は、ガラス基板にエッチングを施すことによって円形状に形成されており、その内面には固定電極7が形成されている。このように、薄膜部12が形成されたフレーム1に、ギャップ4が形成されたカバー3を貼り合わせることにすれば、所定の位置に精度よくダイアフラム2を形成することができる。もちろん、このような圧力センサにあっては、カバー3の上面に接合面積が等しくなるようなシリコン製のプレート（図示せず）を接合することとしてもよい。

【0052】本発明の圧力センサは、ガスメータや血圧計などに用いることができる。図17は本発明によるガスメータKの構成図であって、ガスメータKには流れたガス量（ガス総量）を測定する計量部72やガス管71内を流れるガスの流量（単位時間当たりのガス流量）を測定する流量センサ73、ガス管71内のガス圧を測定する本発明による圧力センサ74、及び地震を検知する地震計75などから構成されている。ガス管71内を流れるガスの総量は計量部72によって測定されてメータなどの表示部（図示せず）に表示される。また、ガス管71内のガス流量及びガス圧は流量センサ73及び圧力センサ74によりそれぞれ測定され、コントローラ76により常時監視されている。万が一、ガス漏れが発生した場合にはガス管71を流れるガス流量が異常に増加する。また、ガス器具等の消し忘れなどの場合には異常な時間ガスが流れ続ける。さらに、ガス漏れやガス管工事復旧前後などにはガス管71を流れるガス圧が低下する。このガスメータKにおいては、コントローラ76がこれらガス流量の異常やガス圧の低下を検知すると、警告ランプ78を点灯させて警報を知らせるとともに、遮断弁77を閉成する。また、地震計75によって地震が検知された場合にも、警告ランプ78を点灯させて警報を知らせるとともに、遮断弁77を閉成する。このようにして、ガス流量やガス圧に異常を生じた場合などには、自動的にガス管71を閉じて爆発等の危険を防止することができる。特に、本発明の圧力センサ74を用いた場合には、センサ特性に優れているためわずかの圧力低下を検知することができ、測定誤差も少ないので誤動作が少なく、安全性を配慮した信頼性の高いガスメータ

を提供することができる。また、図17に示すように、室内に取り付けたガス警報器やガス器具に取り付けた不完全燃焼警報器などからの外部信号79を検知することによって遮断弁77を閉成したり、警告ランプ78を点灯することとしてもよい。

【0053】図18は本発明による血圧計の構成図であって、血圧計1は本発明による静電容量型圧力センサ81、カフ82、ポンプ83やCPUからなる制御部84などから構成されている。カフ82と圧力センサ81との間は導圧管85で接続されており、導圧管85にはポンプ83が接続され、ポンプ83からカフ82に空気を送ることができる。血圧を測定する場合にはまず、カフ82を被測定者の上腕部にまきつけ、キーボードなどの入力部86から必要に応じて被測定者の年齢や性別などを入力し、血圧計1をスタートする。制御部84は入力部86からスタート信号を受信すると、制御弁88を閉成し、ポンプ83を起動させてカフ82に所定の圧力になるまで空気を送り出し、上腕部を締め付ける。カフ82に印加された圧力は圧力センサ81によって常に検知されており、一定の圧力になると制御部84はポンプ83を停止する。次いで制御部84は制御弁88を開成し、徐々にカフ82内の空気を抜いて減圧する。このとき、導圧管85を介して圧力センサ81に印加される圧力は、上腕部を流れる血流の圧力と相まって周期的に変化しながら小さくなる。したがって、導圧管85を介して圧力センサ81に印加される圧力の変化を制御部84で検知することによって、最高血圧や最低血圧並びに脈拍数を求めることができる。最低血圧が求められたら制御部84は制御弁88を全開し、カフ82内の空気を大気圧まで排出する。求められた最高血圧や最低血圧などはディスプレイなどからなる出力部87に表示し、あるいは入力された年齢などを参考にし、必要に応じて異常値であることなどの注意を促すことができる。この血圧計にあっては圧力センサのセンサ特性が良く、信頼性のある血圧計とすることができる。

【0054】

【発明の効果】本発明にあっては、所定の位置に所定の大きさや形状の有するダイアフラムを精度よく形成することができる。

【0055】このとき、ダイアフラムの形状を円形状としておけば、ダイアフラムが等方的に変形し、圧力センサの直線性が良好となる。また、マスクアライメントの角度ずれが発生しない。

【0056】また、半導体基板のギャップ側の表面において、ギャップと対向する領域を低不純物濃度とし、それ以外の領域を高不純物濃度とすることによって、ダイアフラムの残留応力を小さくし、同時に半導体基板の電気抵抗を小さくすることができる。

【0057】さらに、ギャップの周囲にほぼ環状の凸部を形成することにより、半導体基板と固定基板との陽極



接合時には、ギャップ周囲の凸部から外側へと陽極接合が進み、歪みがギャップ部分に集中しない。

【0058】また、ダイアフラムと固定電極を略円形とすれば等方的に変形し、圧力センサの直線性が良くなる。特に、ギャップの面積に対する固定電極の面積の比を0.4～0.7にするのがセンサ特性の点で最も望ましい。

【0059】また、固定電極側の配線部の圧着部分を他の配線部分よりも厚くすることで、確実に半導体基板側の配線部に接続することができ、固定電極を半導体基板の電極パッドに確実に引き出すことができる。

【0060】また、圧着部を半導体基板の薄膜部より外側に位置させておくと、圧着部を圧着する際の応力が薄膜部に掛かりにくく、薄膜部を保護できる。

【0061】さらに、固定基板若しくは半導体基板に設けた配線部を挿通させるための溝を、ギャップ内ではギャップと同じ深さにしておくと、ダイアフラムの変位に及ぼす溝の影響を少なくすることができる。

【0062】また、ギャップより深い凹部をギャップより外側に形成し、当該凹部内に設けた絶縁膜上に固定電極を引き出すためのパッド部や配線部を設ければ、固定電極と可動電極との間のセンサ容量に対して並列に発生する浮遊容量が小さくなり、センサ特性を向上させることができる。

【0063】さらに、固定基板を半導体基板で挟み込み、固定基板両面の半導体基板との接合領域を等しくなるようにすれば、センサの反りや歪みを防止し、温度特性を向上させることができる。

【0064】本発明の製造方法によれば、センサ特性に優れた本発明の圧力センサを簡単に製造することができる。

【0065】また、本発明の圧力センサはガスメータや血圧計などに用いることにより、信頼性のよいガスメータや血圧計を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例である圧力センサを示す一部破断した分解斜視図である。

【図2】(a) (b) (c) (d)は、同上の圧力センサのフレームの製造方法を説明する図である。

【図3】(e) (f) (g) (h)は、同上の続図である。

【図4】(i) (j)は、同上の続図である。

【図5】(a) (b) (c)は、同上の圧力センサのカバーの製造方法を説明する図である。

【図6】同上の圧力センサにおけるセンサ容量特性図である。

【図7】本発明の圧力センサにおけるギャップの深さと感度（センサ容量）との関係を示す図である。

【図8】本発明の圧力センサにおけるギャップに対する固定電極の直径比とセンサ容量の非直線性との関係について示す図である。

【図9】本発明の圧力センサにおけるダイアフラムの最大変位量と感度並びに直線性との関係について示す図である。

【図10】本発明の圧力センサにおけるカバーの厚みと温度特性との関係について示す図である。

【図11】本発明の別な実施例である圧力センサを示す概略断面図である。

【図12】本発明のさらに別な実施例である圧力センサを示す概略断面図である。

【図13】本発明のさらに別な実施例である圧力センサを示す概略断面図である。

【図14】(a) (b)は本発明のさらに別な実施例である圧力センサを示す平面図及び断面図である。

【図15】本発明のさらに別な実施例である圧力センサを示す平面図である。

【図16】本発明のさらに別な実施例である圧力センサを示す概略断面図である。

【図17】本発明によるガスメータを示す構成図である。

【図18】本発明による血圧計を示す構成図である。

【図19】(a) (b)は従来例である圧力センサを示す平面図及び断面図である。

#### 【符号の説明】

2 ダイアフラム

4 ギャップ

8 カバー側の引き出し配線

8 a 圧着部分

10 フレーム側の引き出し配線

12 異方性エッチングにより形成された薄膜部

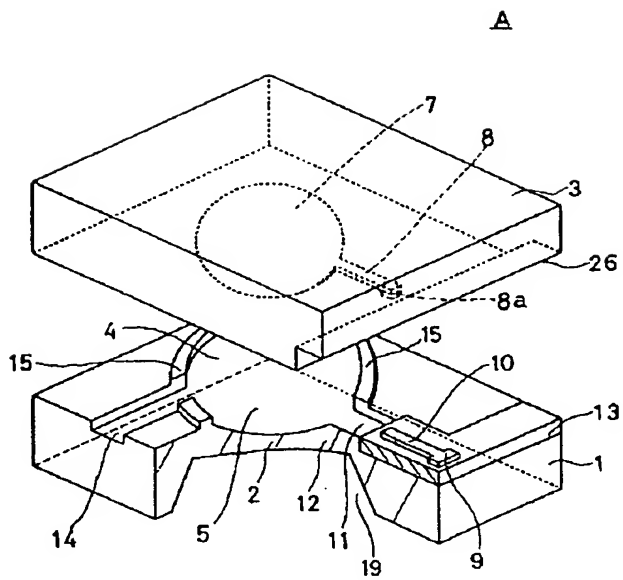
14 圧力導入路

15 凸部

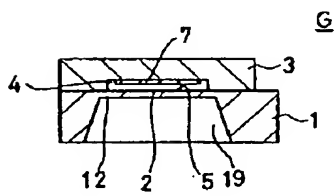
31 溝

32 補正容量用電極

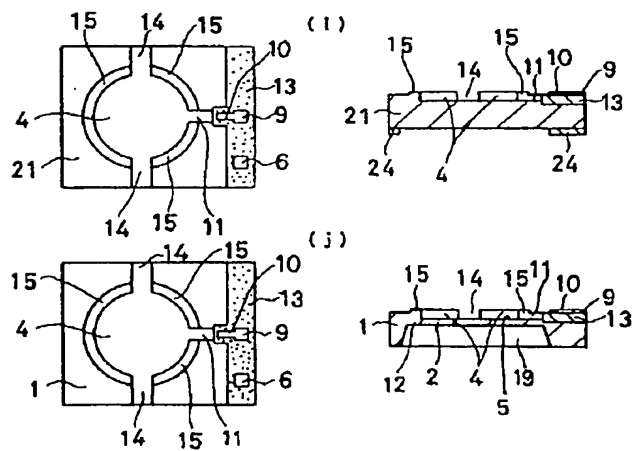
【図1】



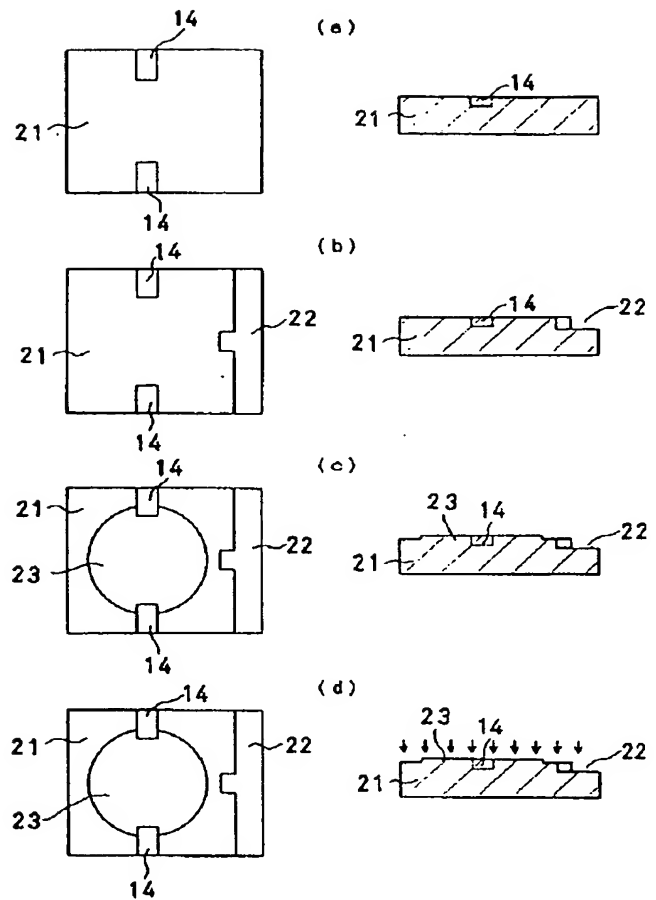
【図16】



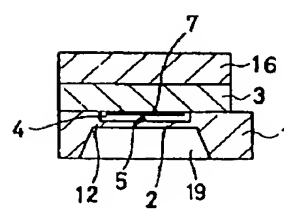
【図4】



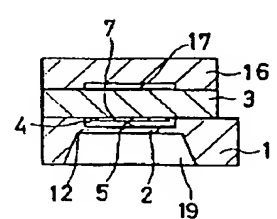
【図2】



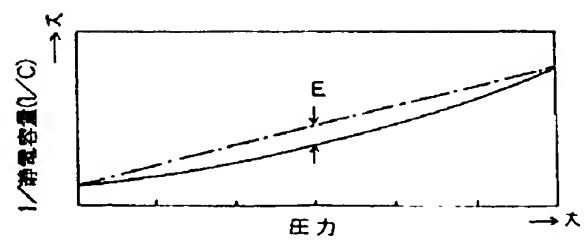
【図11】



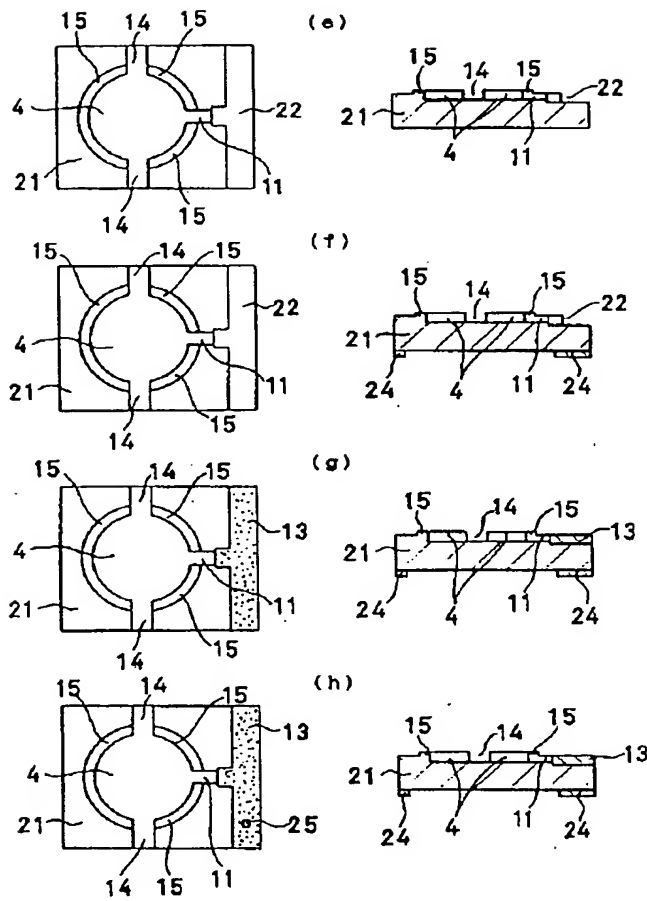
【図12】



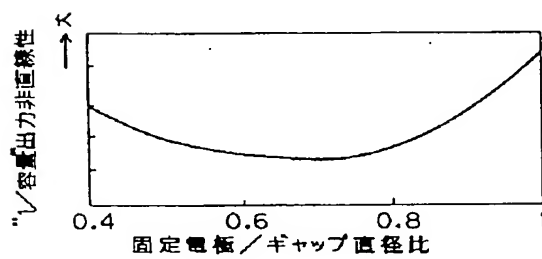
【図6】



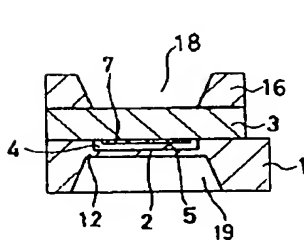
【図3】



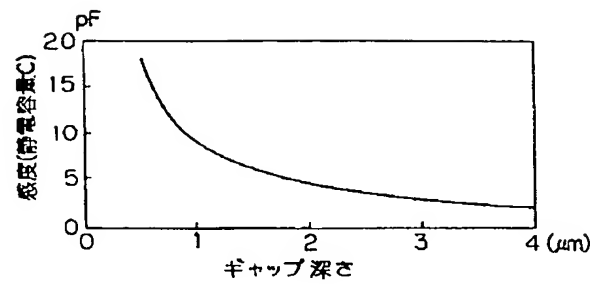
【図8】



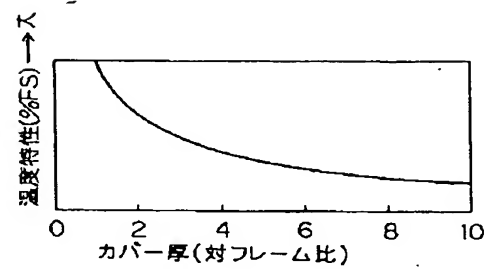
【図13】



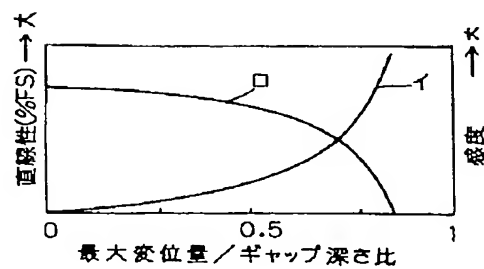
【図7】



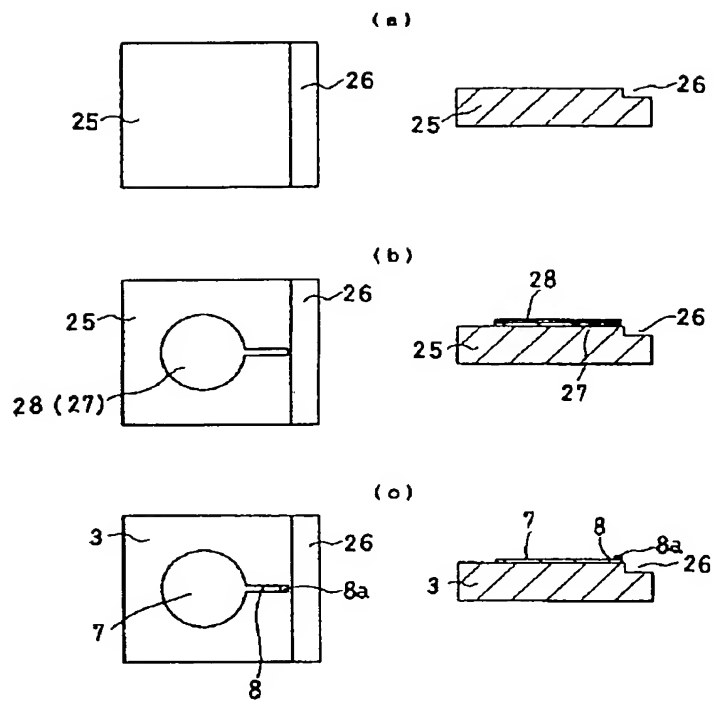
【図10】



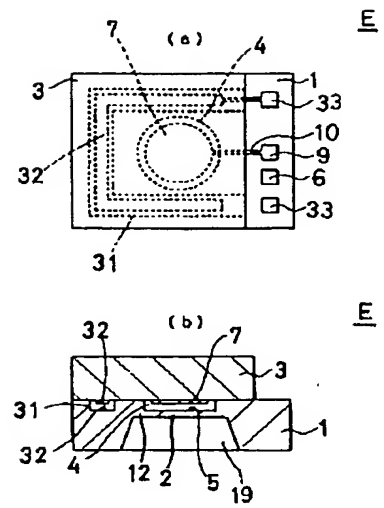
【図9】



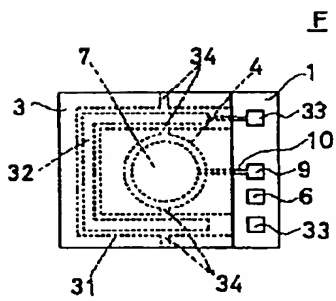
【図5】



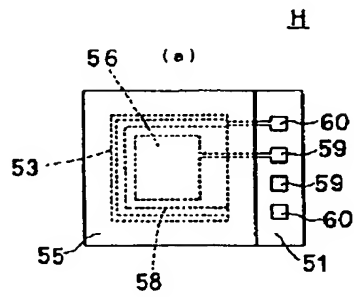
【図14】



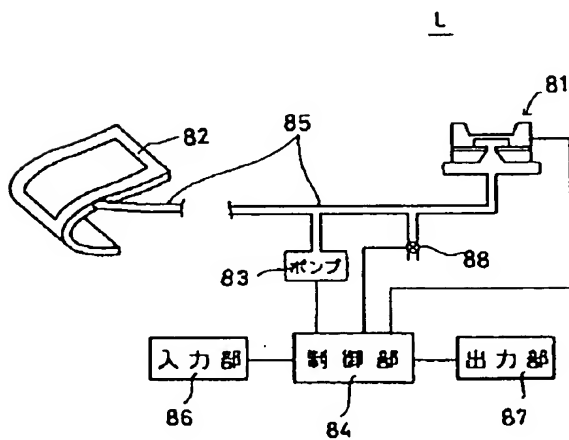
【図15】



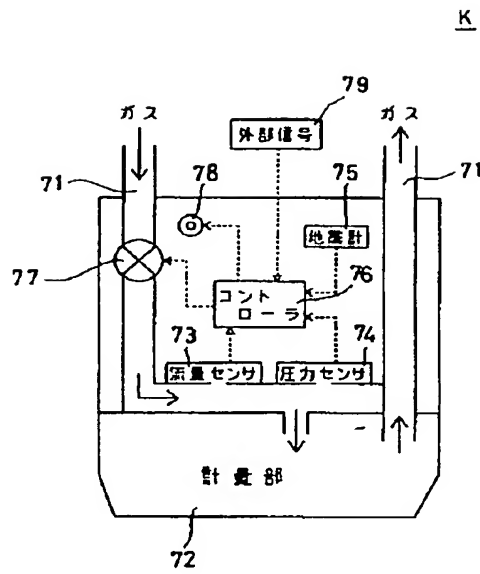
【図19】



【図18】



【図17】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 29/84

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B